

基于 NRF24L01 的降雨量实时采集无线监测系统

侯杏娜, 陈寿宏, 唐万顺

(桂林电子科技大学, 广西 桂林 541004)

摘要: 设计以 AT89S52 单片机为处理器, 用集雨斗、盛水瓶、压力传感器组成数据采集模块, 将采集到水的质量转换为降雨量; 利用 NRF24L01 无线数据传输, 通过串口将数据传到上位机, 便于对历史降雨量的查询与研究; 上位机软件采用 VB 进行设计, 可以曲线的方式表示降雨量, 自行设定降雨量的上限报警值; 该系统成本低, 安装方便, 实现实时降雨量数据的无人采集, 自动实时显示和存储, 具有较大的推广价值。

关键词: 降雨量; AT89S52; NRF24L01

A Real-Time Monitoring Wireless System of Rainfall Based on NRF24L01

Hou Xingna, Chen Shouhong, Tang Wanshun

(Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The system uses AT89S52 as the control center, uses rain filler, filling bottle and pressure transducer as collecting module, then translate the quality of the collected water to the rainfall. In order to enhance system's performance, it uses NRF24L01 wireless data transmission module to connect to the upper by serial ports, and provide a method to check out and research the historical volume. The upper uses VB to design a chart, and present the rainfall by diagram in curve, which can set the highest limited alarming rainfall volume automatically. The system has low cost and installs conveniently, can monitor rainfall in real-time and can display and storing data automatic, has great promotion value.

Keywords: rainfall; AT89S52; NRF24L01

0 引言

在我国水灾频频发生, 每年因洪灾而遭受不少损失。为进行防洪预报, 需对江河湖泊、水库等区域的降雨量进行及时监测, 这种监测不仅可为防汛决策提供大量的可靠数据和资料, 同时还可为防洪抢险救灾和保护人民生命财产安全发挥重要作用。目前, 国内许多水文站仍采用人工方法监测降雨量, 在安全性、数据准确性和实时性等方面存在明显不足^[1-2]。本文设计的降雨监控系统, 旨在完成对降雨量的实时采集, 并且对降雨量数据进行保存, 方便后期进一步管理和处理, 同时还可将其用曲线图直观显示在监控机上。系统解决了防洪中降雨量人工监测存在的操作不安全、数据相对不准确和实时性不强等缺点, 运用该系统可实现降雨量的自动采集和处理。

1 系统结构及原理

降雨量监控系统主要由智能雨量收集站、雨量数据接收显示装置、报警装置、时钟显示和上位机组成。系统组成如图 1 所示。各部分功能为:

- 1) 雨量采集站负责在降雨时采集降雨量数据, 同时将该数据通过数据传送模块上传给位于监控室的显示装置。
- 2) 显示装置用于实时显示降雨量数据及当前时间, 同时通过 RS-232 接口将数据上传给 PC 机, 以便对数据处理和长期保存。
- 3) 雨量收集站与雨量数据接收显示装置的无线通信模块为 NRF24L01, 具有自动应答和自动再发射功能^[3-4], 片内自

动生成报头和 CRC 校验码。

4) 上位机可在每日零点整自动保存数据到指定的硬盘中, 也可以通过点击按钮, 选择性保存数据; 上位机可根据雨量数据绘制实时雨量曲线; 同时上位机具有报警功能, 报警上限可以自行设定。

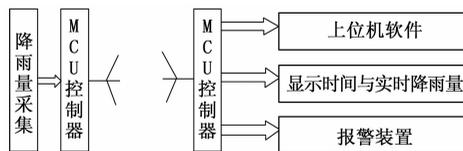


图 1 系统组成框图

2 硬件设计

2.1 雨量采集站电路设计

雨量采集站主要由集雨斗、盛水瓶、压力传感器、模数转换器、MCU 控制器、NRF24L01 无线数模传输模块及复位电路等构成, 采集放大电路如图 2 所示。开关 S1、电阻 R1、R2、电容 C1 组成复位电路; 电容 C3、C2 及晶振 Y1 为单片机提供机器周期, 排阻 R00 为 P0 口的上拉电阻, 其余 I/O 口与外部电力传感器的两个输出端接口, 将电信号进行一次放大, 测量时将空的盛水瓶与集雨斗转换放到压力传感器上, 通过调节 RP1 的阻值进行放大, 使 AD620 的 6 脚输出合适的电压, 通过调节 RP3 阻值使 OP07 的 6 脚输出为 0, 调节 RP6 可以调节二次放大的倍数; 在进行定标时, 固定 AD620 的放大倍数后反复调节 RP3 和 RP6, 使 OP07 的 6 脚输出的定标是相应的电平。

ADC0809 的工作电压以及参考电压分别为 11, 12 脚都通 +5 V 的电压; 23, 24, 25 脚是 ADC0809 的通道选择, 三脚接地时表示选通 IN0; D0~D7 为数据口, 与单片机相连; CLK 为

收稿日期: 2014-03-19; 修回日期: 2014-04-28。

基金项目: 广西自然科学基金(2012GXNSFB053176)。

作者简介: 侯杏娜(1982-), 女, 山西临汾市人, 讲师, 主要从事测试技术方向的研究。

时钟引脚, 通过单片机产生时钟输入到该脚; IN0 接的是 OP07 的 6 脚; EOC, OE 为 ADC0809 的控制端, 控制 ADC0809 的数据输出。NRF24L01 为标准的 SPI 接口, P2 为无线模块与单片机的转接口, 方便无线模块的拔插。ADC0809 转换的数字量存入缓存区然后通过无线传模块^[5]将数据发送。

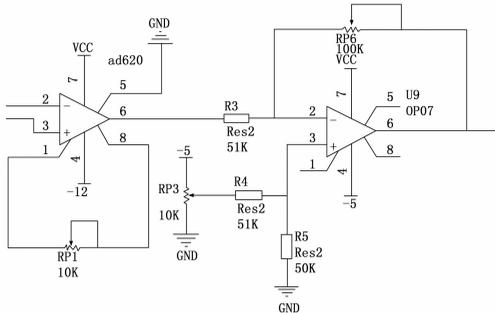


图 2 雨量采集放大电路原理图

2.2 显示装置电路设计

显示装置电路由 MCU 控制器、数传模块、时钟模块、RS-232 接口模块、LCD1602 显示模块、键盘模块、复位电路和报警电路等单元构成, 电路设计如图 3 所示。

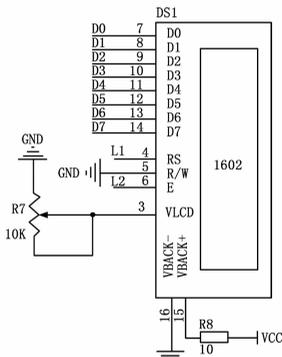


图 3 显示装置电路图

3 软件设计

3.1 系统软件框图

系统软件包括雨量采集站单片机程序 (主要包括 ADC0809 数据转换无线数据发送)、显示装置单片机程序 (主要包括无线数据接收、DS1302 时钟显示、蜂鸣器报警和下位机上传数据到上位机), 如图 4 所示。

采集站单片机程序中, ADC0809 数据转换时首先给 ADC0809 一个启动信号, 然后等待转换结束信号 EOC 为低电平, 给 OE 为高电平容许输出, 将数据存入缓存区; 配置 NRF24L01 为发送, 将缓存区的数据放入无线模块的 FIFO 寄存器进行发送。

数据采集发送部分上电后首先配置 nRF24L01 的相关寄存器, 使其工作在发射状态, 然后读取已转换的降雨量, 然后由 nRF24L01 发送。

降雨量转换完成后, 将降雨量值暂存在发送缓冲区 tx_buf 中, 然后通过 nRF24L01 发送, 其相关程序代码如下:

```

/* 函数功能:发送 tx_buf 中数据 */
void nRF24L01_TxPacket(unsigned char * tx_buf )
{
    CE=0; //StandBy 1 模式

```

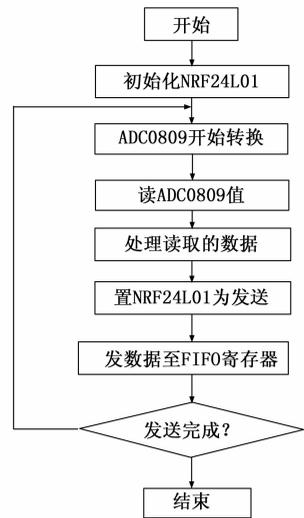


图 4 系统程序流程图

```

SPI_Write_Buf(WRITE_REG + RX_ADDR_P0, TX_ADDRESS, TX_ADR_WIDTH); // 装载接收端地址
SPI_Write_Buf(WR_TX_PLOAD, tx_buf, TX_PLOAD_WIDTH); // 装载数据
SPI_RW_Reg(WRITE_REG + CONFIG, 0x0e); // IRQ 收发完成中断响应, 16 位 CRC, // 主发送
CE=1; // 置高 CE, 激发数据发送
    innerDelay_us(10);
}

```

数据接收部分上电后首先配置 nRF24L01 的相关寄存器, 使其工作在接收状态, 然后读取接收缓存区的降雨量。nRF24L01 在数据接收显示中为接收状态。当 nRF24L01 模块配置为接收模式后, 当接收到数据中断时, 从接收 FIFO 读取数据, 然后将其存储到接收缓冲区 rx_buf 中。

3.2 上位机程序设计

系统的上位机程序采用 VB 编写, 利用 VB 方便界面的设计, 根据实时数据绘制曲线。打开 VB 软件→新建标准 EXE→在窗体 Form1.frm 上放置各种控件。界面上包括: 静态文本框、文本框、图像框、按钮控件、串口控件、定时器、组合框及 shape 控件。

按钮控件主要是实现各种单击事件; 串口控件是上位机的核心, 主要通过它来与下位机通信, 通过它设置触发事件, 一有数据传过来就接收, 并且将数据显示在特定位置; 定时器主要是使其定时一段时间间隔操作一个命令, 系统中用两个定时器, 一个用于产生时间, 另一个用于画图, 由它控制画图的快慢。

4 系统测试结果和数据分析

系统实测数据如表 1 所示。系统可根据收集到的降雨量的质量 (g) 转换成标准降雨量 (mm), 由于系统采用 8 位模数转换器 ADC0809, 在保证测量精度的情况下测到的最大降雨量值将随着精度的增加而减小, 系统测量精度为: 0.5 mm, 测到的最大的降雨量为 120 mm, 测量误差为: -2~2 mm 之间, 降雨量 0.5 mm 精度时理论最大测量降雨量为 127.5 mm, 但是由于全桥压力传感器的线性有一定的误差, 为了使降雨量的重量与电压尽量成线性, 进行了软件补偿, 最终将最大测量值降到了 120 mm。

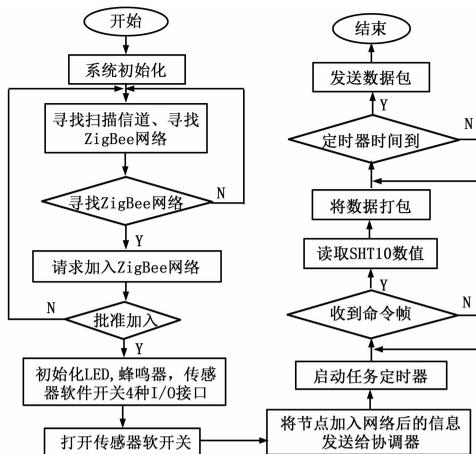


图 5 路由与终端节点工作流程图

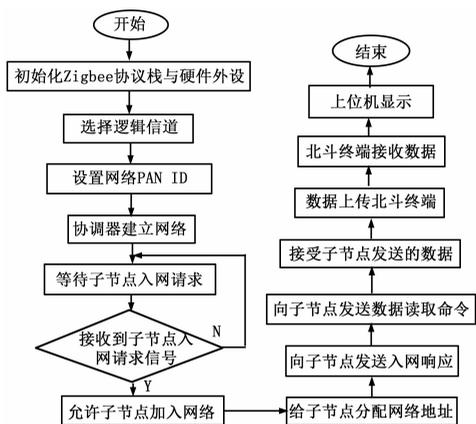


图 6 调节器与北斗终端工作流程图

4 实验结果讨论

在相同的环境条件下对室外温湿度进行测量，验证系统准确度，该系统测得的测量值与温湿度计量得的标准值进行比较，并进行误差分析，具体如表 2 和表 3 所示。

从表 2 和表 3 中可以看出，实验中分别测量了 6 个不同时刻

的温湿度值，对测得数据分析，该系统测量的温湿度存在一定的误差，温度误差值小于 2.5%，湿度误差值小于等于 4%，表明系统误差值在允许的误差范围之内，系统的准确性达到要求。

表 2 温度标准值、测量值及误差分析

标准值	23	24	25	26	27	28
测量值	22.5	23.5	24.6	25.6	26.6	27.5
误差/(%)	2.2	2.1	1.6	1.5	1.5	1.7

表 3 湿度标准值、测量值及误差分析

标准值/(%)	50	55	60	65	70	75
测量值/(%)	52	57	62	67	72	77
误差/(%)	4	3.6	3.3	3.1	2.8	2.6

5 结论

基于北斗和 ZigBee 的环境空气质量监测系统的测量结果与标准值进行了比较，最大的误差值满足要求，证明该系统运行稳定可靠，同时又具备了北斗和 ZigBee 技术的组网方便、不受地形限制和自主卫星通信的特点，这些技术的有机结合，可以广泛地应用于各个行业的监控和信息传输，具有广泛的应用空间和推广前景。

参考文献:

[1] 于泓博, 石磊. 基于北斗卫星的森林火灾监控终端设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 4: 991-993.

[2] Yang Y, Tang Y, Che N C, et al. Integrated Adjustment of Chinese 2000. GPS Control Network [J]. Survey Review, 2009, 41 (313): 226-237.

[3] Betz J W, Kevin R. Late discriminator Part I: lower bound and coherent processing [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2009, 10 (45): 1538-1550.

[4] Ba X H, Liu H Y, Zheng R. A novel Efficient Tracking Algorithm Based on FFT For Extremely Weak GPS Signal [A]. ION-GNSS2009 [C]. Savannah, Georgia, 2009, 385-387.

[5] Falletti E, Presti L L. Low Complexity carrier-to-noise ratio estimators for GNSS digital receivers [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2011, 2 (47): 420-436.

(上接第 2373 页)

表 1 系统实测数据表 (mm)

实际	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
测量	9.5	20.0	30.5	39.5	49.5	59.0
相对误差	-5%	0	2%	-1%	-1%	-2%
实际	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
测量	69.0	78.5	88.5	98.0	108.5	118.0
相对误差	-1%	-2%	-2%	-2%	-1%	-2%

5 结束语

本系统是利用 AT89S52 单片机和 NRF24L01 无线数传模块作为核心部件设计出的一个雨量采集站和雨量数据接收显示装置的降雨量数据实时监测系统，该系统具有成本低、操作简单、工作稳定可靠、抗干扰能力强、采集的数据准确等特点，在软硬件的设计上使雨量采集站数量便于扩展，另外在雨量数

据接收显示装置上还设置了 RS-232 接口，可以将降雨量数据上传 PC 机自动实时显示，具有自动保存数据、选择性保存数据、历史查询等功能，实现实时降雨量数据的无人采集，因此具有较大的推广价值。

参考文献:

[1] 赵茂泰. 智能仪器原理及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

[2] 彭建, 孙志江. 基于单片机控制的降雨量实时检测系统 [J]. 测控技术, 2010, 29 (9): 79-84.

[3] 廖珽, 周萍, 王继锋, 等. 基于 NRF24L01 的电池管理系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (5): 1338-1340.

[4] 王顺, 顾叶丹, 熊继平. 基于 nRF24L01 无线网络的单片机应用设计 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (8): 55-57.

[5] 赵志梅, 张帆. 基于无线传输的高速列车轴温集中监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (5): 1242-1244.